

# Programación de Operaciones Basada en la Identificación Iterativa del Cuello de Botella: Aplicación a Caso de Estudio de Tamaño Industrial

Santiago Zuffiaurre<sup>1</sup> and Pablo A. Marchetti<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Universidad Tecnológica Nacional – Facultad Regional Santa Fe,  
(3000) Santa Fe, Argentina

<sup>2</sup> Instituto de Desarrollo Tecnológico para la Industria Química (INTEC),  
UNL-CONICET, Güemes 3450, (3000) Santa Fe, Argentina  
[pmarchet@intec.unl.edu.ar](mailto:pmarchet@intec.unl.edu.ar)

**Resumen** En este trabajo presentamos una metodología algorítmica iterativa, basada en la resolución de una secuencia de modelos matemáticos, para la programación de operaciones de procesos “batch” en instalaciones multiproducto multietapa. El método propuesto apunta a obtener soluciones de buena calidad para problemas de tamaño industrial en tiempos de computación razonables. Se considera el problema clásico de una planta discontinua con etapas de procesamiento consecutivas, equipamiento paralelo en cada etapa, y tiempos de transición (o “changeover”) dependientes de la secuencia. Además, se asume la disponibilidad ilimitada de otros recursos de fabricación (almacenamiento intermedio, etc.) El makespan, o tiempo máximo de finalización de las tareas, es la función objetivo a minimizar. El método propuesto combina una formulación matemática mixta-entera lineal (MILP) basada en el concepto de ranura de tiempo (“time slot”)[3,2] con un método algorítmico iterativo que identifica y fija la programación del cuello de botella en cada paso. La metodología fue aplicada a un caso de estudio real de programación de operaciones en la industria farmacéutica.[1] Para la instancia más compleja bajo análisis, dicho problema involucra la programación de 30 lotes, considerando 5 ó 6 etapas de producción para cada uno de ellos (162 tareas de procesamiento) en una instalación con 17 equipos en total. Como resultado se obtuvo una solución de muy buena calidad para el problema global. Aunque la metodología no garantiza la optimalidad de la mejor solución encontrada, a diferencia de otros métodos aproximados sí provee una cota inferior que permite estimar la calidad de dicha solución (es decir, obtener el “relative gap” correspondiente). Como trabajo futuro se espera incrementar el tamaño de los casos de estudio y desarrollar una metodología que contemple la búsqueda exhaustiva de la solución óptima.

**Keywords:** Programación de Operaciones, Plantas Discontinuas Multiproducto, Optimización, Cuello de Botella

## Referencias

1. Kopanos, G.M., Méndez, C.A., Puigjaner, L.: MIP-based decomposition strategies for large-scale scheduling problems in multiproduct multistage batch plants: A benchmark scheduling problem of the pharmaceutical industry. *European Journal of Operational Research* 207(2), 644 – 655 (2010)
2. Méndez, C.A., Cerdá, J., Grossmann, I.E., Harjunkski, I., Fahl, M.: State-of-the-art review of optimization methods for short-term scheduling of batch processes. *Computers and Chemical Engineering* 30(6), 913 – 946 (2006)
3. Pinto, J., Grossmann, I.: A continuous time mixed integer linear programming model for short term scheduling of multistage batch plants. *Industrial and Engineering Chemistry Research* 34(9), 3037 – 3051 (1995)